

# LA TIERRA Y EL SOL COMO ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ARQUITECTURA: LAS DIEZ VIVIENDAS DE AMAYUELAS DE ABAJO, PALENCIA, ESPAÑA

(THE EARTH AND THE SUN LIKE ARCHITECTURAL BASIC ELEMENTS: TEN BIOCLIMATIC HOUSES IN AMAYUELAS DE ABAJO (PALENCIA, SPAIN))

M<sup>a</sup> Jesús González, Jorge Silva, Francisco Valbuena, Arquitectos

Fecha de recepción: 25-VII-03

ESPAÑA

113-70

## RESUMEN

*Amayuelas es un pueblo muy pequeño en una comarca rural y deprimida de España. En él se ha realizado la construcción privada de diez viviendas bioclimáticas con métodos tradicionales, muros de tapial y adobe, diseño solar activo y pasivo, materiales de bajo impacto ambiental, y con la incorporación de nuevas tecnologías como energía solar térmica y fotovoltaica.*

*Se finalizó en septiembre de 2001. La promotora fue la sociedad cooperativa "Entramado", tuvo ayuda económica de programas europeos, y contó con la colaboración del municipio ecológico de Amayuelas y de la ONGd "Arquitectos sin Fronteras Castilla y León".*

*El departamento de Edificación de la Universidad de Valladolid realizó los controles técnicos de los materiales utilizados.*

*La experiencia obtuvo numerosos resultados, y demostró un nuevo modelo de construcción participativa, que actuó de la siguiente manera:*

*1. Revitalizando un área deprimida, mediante la creación de nuevos asentamientos.*

*2. Implicando a diversos estamentos de forma solidaria, fortaleciendo la participación y nuevos sistemas de cooperación colectiva entre vecindarios y comunidades en la recuperación del espacio social.*

*3. Construyendo de forma sostenible, manteniendo en todo momento respeto con el medio ambiente y el paisaje.*

*4. Reuniendo tecnologías antiguas y modernas, recuperando sistemas constructivos tradicionales, haciéndoles compatibles con niveles de comodidad habituales.*

## SUMMARY

*Amayuelas is a very small village in a rural, economically depressed Spanish area. The construction of ten private houses was recently made by traditional methods, earth and adobe walls, passive and active solar design, low environmental impact materials and with the addition of new technologies such as solar thermal collectors and photovoltaic cells.*

*The buildings were finished September 2001. The owner is the mutual association "Entramado". The experience was supported by European programs and the use of earth walls was laboratory-tested by the Departamento de Edificación de la Universidad de Valladolid, in the "Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid" (Spain) This co-operative was helped by the ecological town of Amayuelas and found collaboration from the NGOd "Arquitectos sin Fronteras Castilla y León".*

*The experience provides a source of valuable results, and it suggests a code model for earth construction in this area:*

*1. Revitalising depressed areas, through the realisation of new settlements.*

*2. Involving different decision-makers with solidarity, making stronger the participation and new systems of co-operation between community and neighbourhood to recuperation of social space.*

*3. Building respectfully with the environment and landscape, in a sustainable way.*

*4. Linking old and new technologies, and recovering old tradition systems with a good level of comfort.*

5. *Mostrando que la construcción con barro es posible hoy día, con costes asumibles.*

6. *Recurriendo a la investigación histórica para recuperar modos de construcción tradicionales, como el antiguo sistema de calefacción de "glorias" (el hipocausto romano), que fue utilizado hasta el siglo XIX.*

7. *Teniendo en cuenta nuevos conceptos como el de "energía incorporada" de los materiales constructivos y considerando que el consumo de energía puede ser reducido a través de una adecuada selección de materiales.*

5. *Showing that earth construction is possible with an affordable cost.*

6. *Recovering historical investigation, such as the oldest heating systems "glories" (Roman hypocaustus), which was used until the XIX Th century.*

7. *Recognising concepts such as "embodied energy" and considering that energy consumption can be reduced through an adequate selection of materials.*

## INTRODUCCIÓN

Amayuelas de Abajo es un municipio muy pequeño, situado en plena Tierra de Campos, en el norte de Palencia. Como todos los pueblos de esta comarca, la belleza de su patrimonio cultural y arquitectónico se pierde por culpa del abandono económico y la despoblación, hasta tal punto de que el número de habitantes de esta pedanía era de 9 antes de comenzar su recuperación, desde los 80 que tuvo hasta hace tan sólo 30 años. La estética y el color de la construcción con barro producen una acomodación perfecta entre el pueblo y su entorno, los enormes campos de Castilla sembrados de cereales. El hombre, su vivienda y su actividad formaban un conjunto cohesionado en razón de su utilidad práctica hasta hace poco tiempo.

Hoy día la mayor parte de sus edificios se encuentran en ruinas por falta de uso, por falta de mantenimiento y por falta de habitantes. Actividades como aquéllas que demandaban un palomar, un lagar, unas bodegas, un molino, basadas todas ellas en labores agrícolas, se han convertido en desconocidas, no tienen utilidad práctica ni económica, y su testimonio desaparece. El proceso de este deterioro es el mismo que el de muchas otras comarcas en su misma situación, que ven cómo el mundo industrial ha despojado de sentido su legado histórico, convirtiendo su paisaje en un repertorio de pueblos abandonados.

Dentro de este panorama general, en el municipio de Amayuelas se ha realizado un esfuerzo muy notable por revivir el pueblo y proponer una nueva forma de vida en el campo. Volver al entorno rural, reavivar pueblos cuyo sistema de vida ha sido totalmente trastocado requiere medidas que afectan a muy diversas áreas, y que necesariamente exigen una base económica que los sustente. La propuesta había de conseguir hacer compatibles tres premisas fundamentales de funcionamiento: el rendimiento económico, una forma de vida que aceptara y respetara las condiciones naturales del entorno, y la recuperación del patrimonio histórico y arquitectónico.

El rendimiento económico se ha confiado al ejercicio de una agricultura y ganadería en cuyo proceso se prescinde de todo artificio: corral de aves, granja porcina, huerta

ecológica, crecimiento de plantas en invernaderos. Se ha creado una empresa de preparación de alimentos, se han formado campamentos basados en actividades didácticas, artesanales y culturales donde se promueve y se estudia una agricultura y una participación rural no agresivas. Para la ubicación de estas actividades, que suponen más de una veintena de puestos de trabajo, ha sido necesario recuperar dieciséis edificios de uso y construcción tradicionales, entre los que hay un palomar, bodegas, un colmenar, un lagar, un molino, un albergue, un aulario, etc., mostrando cómo es posible dar un nuevo uso social al patrimonio (Foto 1).

Todo ello ha sido conseguido a través de procesos de funcionamiento ligados de forma muy natural al medioambiente, tanto para mantenerlo como para mejorarlo. A este respecto es notable también la introducción de un filtro verde en su sistema de saneamiento. Los métodos tradicionales han sido complementados con la tecnología actual más avanzada en materia de energía, como la fotovoltaica y térmica basadas en la energía solar. Quedan así cumplidas esas tres condiciones básicas de participación en el campo: un rendimiento económico, una base en la recuperación y valoración del legado tradicional, y unas tecnologías limpias y no contaminantes.

Este esfuerzo es aún más meritorio si se tiene en cuenta que la iniciativa no ha partido de medios institucionales, sino de colectivos privados ligados a organizaciones agrarias y ecologistas. El "Centro de Investigación y Formación en Actividades Económicas Sostenibles" (CIFAES) es la organización de base que ha supuesto el apoyo organizador y administrativo para la creación del Municipio ecológico de Amayuelas. La ONGD "Arquitectos sin Fronteras de Castilla y León" ha participado en el apoyo técnico y divulgativo de las actividades relacionadas con la recuperación del patrimonio. La comarca de Tierra de Campos está incluida dentro del catálogo de la Unión Europea de comarcas de atención prioritaria, por lo que ha sido posible la obtención de fondos de financiación de los programas Leader.

Dentro de esta idea general de reactivación del mundo rural surgió la necesidad de construir alojamientos para diez

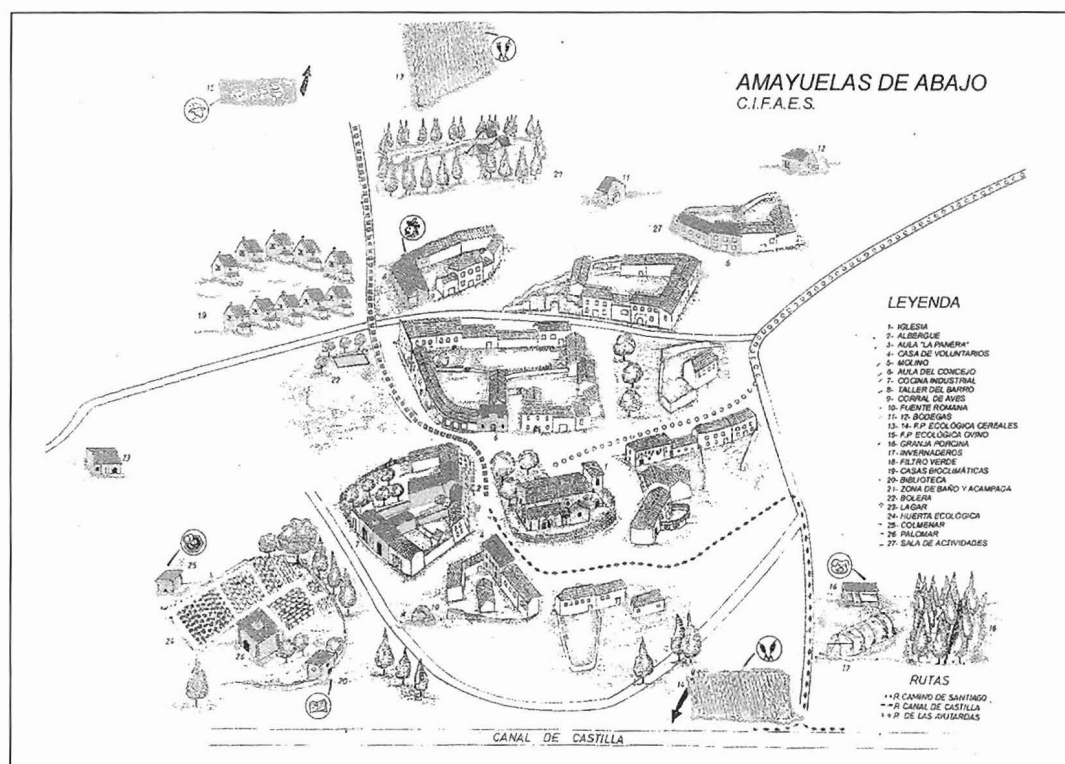


Foto 1.- Folleto divulgativo del conjunto del municipio ecológico de Amayuelas de Abajo.

cooperativistas. Satisfacer esta necesidad requería una actuación acorde con los principios que habían generado ya la recuperación de parte del patrimonio arquitectónico del pueblo. Se contaba con la experiencia de la rehabilitación de algunos edificios, y la nueva construcción requería mantener esa valoración del patrimonio arquitectónico y rural ya puesta en marcha. Simultáneamente, las nuevas construcciones deberían adecuarse a parámetros de comodidad actuales y responder al nuevo enfoque de respeto al medio ambiente.

### PROPONER UNA CONSTRUCCIÓN NO CONVENCIONAL

El proyecto para la construcción de las 10 viviendas se encuadró dentro de esta preocupación por la naturaleza. Esta idea esencial se aplicó a todas las escalas: desde el respeto al entorno más próximo (el pueblo), como a una escala media (aplicando los principios de la arquitectura bioclimática), como al entorno más lejano (la preocupación por la contaminación que producen los sistemas constructivos y energéticos convencionales). Desde el problema cercano, puntual e inmediato, que es el desarrollo de diez alojamientos en un municipio concreto, se llegó hasta la escala más global y extensa, representada en la preocupación de cómo resolver esta construcción de forma que su contribución a la producción de contaminación al ambiente y a la atmósfera fuera la mínima posible.

Ubicación, tipología y materiales debían responder, pues, a la reinterpretación de las construcciones tradicionales. Se utilizaría la tierra como material constructivo, punto de unión entre la tradición y el mayor beneficio ambiental. Se acudiría a las energías alternativas como sistemas energéticos. Y en su proceso deberían adoptarse todos los principios de máximo respeto al medio ambiente, tal y como se había ya hecho en las demás actividades, agrícolas, comerciales o educativas. Se aprovecharía la experiencia obtenida de la recuperación de algunos edificios tradicionales, y se recuperarían oficios, costumbres y hábitos cuya pérdida no está justificada y aún pueden ser útiles a la comunidad. El proyecto se basó en todas estas condiciones.

La aplicación de la normativa urbanística, las necesidades de los propietarios y la inspiración de la arquitectura tradicional de la comarca definieron la creación de 10 pequeñas viviendas de tipo unifamiliar, aisladas, en un solar de 2.190 m<sup>2</sup> de superficie en el cuadrante Noroeste de la localidad. El solar, con forma de cuadrilátero irregular, es sensiblemente llano y se encontraba vacío, sin arbolado. Las diez viviendas se colocaron de forma que se asegurara el soleamiento de todas ellas, habida cuenta de las normativas que regulan las distancias entre edificios, la reducida superficie del solar, y la importancia que el sol habría de tener en su diseño y mantenimiento (Foto 2).

Las construcciones resultantes son muy sencillas, de planta cuadrangular, en un único volumen, con dos formatos en



Foto 2.- Las diez viviendas en verano, al atardecer, desde el hostigo, con los paneles fotovoltaicos al fondo.

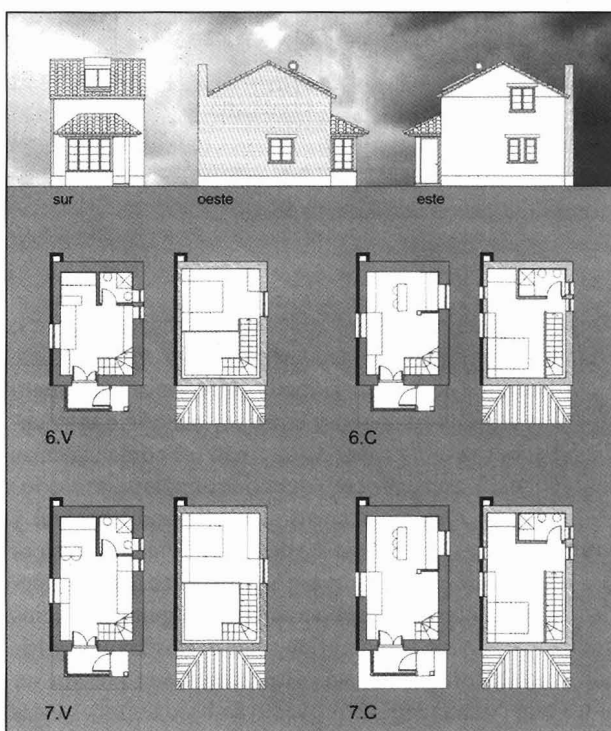


Foto 3.- Plantas y Alzados. Cuatro tipos de viviendas en función de las distribuciones interiores.

planta, de dimensiones 4,50 x 6,00 m y de 4,50 x 7,00 m y con desarrollo en planta baja y altillo, a la manera tradicional. La superficie total de las viviendas oscila alrededor de los 55 m<sup>2</sup>. En cuanto a su programa interior hay dos tipos: uno, con cuarto de estar, cocina abierta y cuarto de baño en planta baja y un dormitorio en la planta superior. El otro tipo tiene el salón y la cocina en planta baja y el dormitorio, con cuarto de baño, en la planta superior. La cubierta en ambos casos es de dos aguas con orientación Norte-Sur (Foto 3).

## EL PROBLEMA DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

La utilización de la tierra cruda como material de construcción era solamente uno de los muchos aspectos a tener en cuenta para una construcción sostenible, quizá el más destacable. Sin embargo, su utilización como material base de la edificación, presentaba bastantes problemas.

El primero de ellos es la equivocada concepción que se mantiene sobre la arquitectura de tierra, hoy universalmente utilizada en Asia, América y África, e identificada como arquitectura de la pobreza. La falta de profesionales especializados, por estar en desuso la tierra como material de construcción, aumenta las dificultades. La técnica del trabajo en tierra es muy poco valorada, por desconocimiento. La poca industrialización en el proceso constructivo, aún muy manual, supone además un fuerte encarecimiento del proceso.

Y otro problema, no menos importante, es que las propuestas innovadoras en el mundo constructivo y la posibilidad de arquitectura de tierra no están previstas en la normativa vigente, a veces con un enfrentamiento directo. Irónicamente, un tipo de construcción que ha durado siglos no está contemplada en las reglamentaciones actuales, y queda ahora relegado a la categoría de «construcción no convencional, experimental», y, por lo tanto, indigna de confianza.

A pesar de estos problemas se decidió su utilización por las muchas posibilidades ofrecidas, ya que el material posee excelentes cualidades térmicas, y está avalado por una tradición de miles de años. Además, se procuraría con ello la modernización de los sistemas tradicionales de construcción, adaptándoles a las circunstancias de hoy. Las posibilidades plásticas y estéticas, tan utilizadas por la tradición cultural, ayudaban a reforzar el desarrollo de los valores sociales y culturales propios de la zona. El material era, pues, el idóneo para cumplir los objetivos propuestos.

No obstante, se hacía necesario un estudio previo pormenorizado de lesiones más frecuentes en este tipo de construcciones a fin de evitarlas en las nuevas edificaciones. Las construcciones en tierra deben tener, tal y como indica la tradición, “buenas botas y un buen sombrero”. Se planteó la cimentación a base de zapatas corridas formadas por mampostería de piedra. Sobre éstas se ejecutó el zócalo, también de mampostería de piedra, dándole altura suficiente para que se pudiesen desarrollar en su espacio interior las “glorias”, sistema de calefacción tradicional en Tierra de Campos, que tiene su origen en los hipocaustos romanos (Foto 4).

Con el sistema de encofrado y apisonado empleado se eliminaron gran parte de los problemas de trabazón de la fábrica, pero para eliminar o reducir al máximo los alabeos





Foto 4.- Vista general de la gloria de una de las viviendas, antes de solar, con la conexión con la chimenea al fondo.

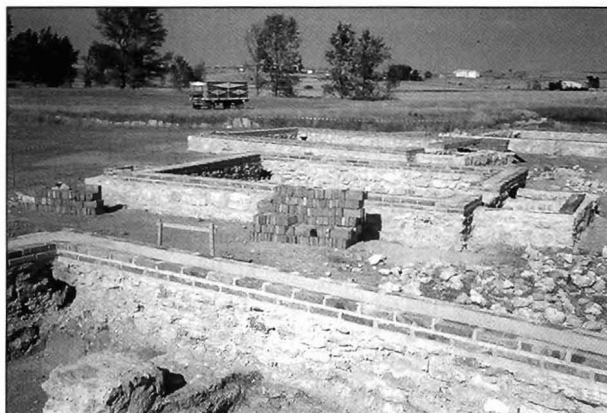


Foto 5.- Realización de zuncho previo a la primera capa de tapial.

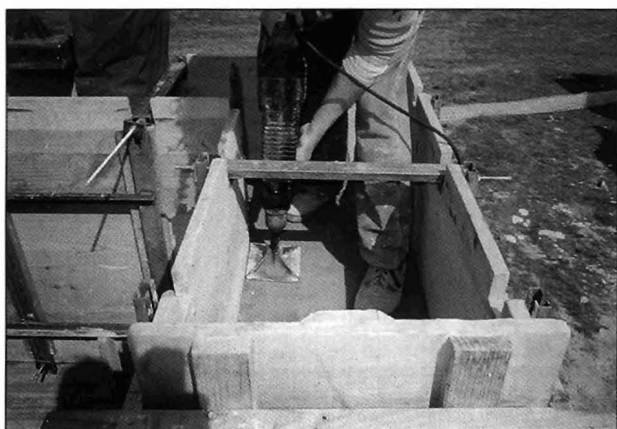


Foto 6.- Apisonado de tapial con martillo neumático.

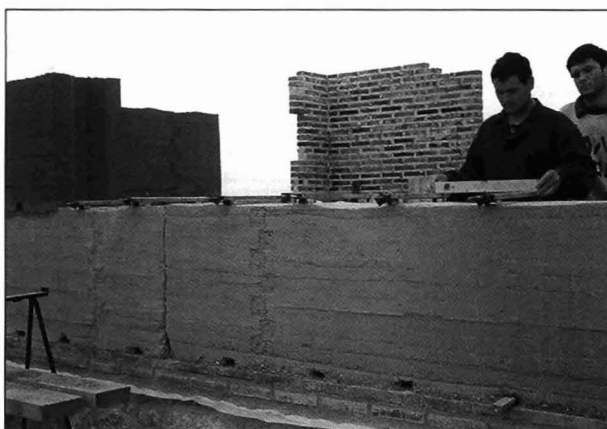


Foto 7.- Comprobación de nivelado de muro de tapial.

del muro, se colocó sobre el arranque del zócalo de mampostería un zuncho de hormigón armado, ejecutado al modo de los romanos en sus villas con el encofrado perdido mediante dos hiladas de ladrillo en ambas caras del muro (la interior sirve de rodapié), técnica que limita los posibles asentamientos diferenciales, evitando no sólo los desplomes sino también la aparición de grietas (Foto 5).

Sobre el zócalo de mampostería se colocó una lámina impermeabilizante, ya que hay que tener en cuenta que el mayor enemigo de las construcciones con tierra es el agua, tanto la directa como la producida por capilaridad.

Los muros, además de cerramientos de fachada, tienen la misión de soportar las cargas de forjados y cubierta, por lo que se hacía necesario limitar las acciones más perjudiciales en elementos de tanta masa y de funcionamiento hiperestático: los desplomes o pandeos y las fisuras o grietas. Se comenzó estudiando el sistema de encofrado de los muros de tapial, de forma que se mejorase su rendimiento

en la puesta en uso, empleando técnicas de los encofrados del hormigón que garantizaban el machihembrado de las diferentes tapias de cada hilada, así como un modelo en esquina para evitar este punto tan conflictivo, evitando la unión en ángulo.

Un cierto grado de mecanización, tanto en los vertidos como en el apisonado mediante un pisón neumático, diseñado para la obra, favoreció la mejora de los rendimientos, lo que demuestra que con un grado de industrialización y modernización similar al experimentado por el resto de las técnicas constructivas, la construcción con tierra sería totalmente viable (Fotos 6 y 7).

Un estudio de las edificaciones en tierra del lugar indicó que todas ellas protegían la cara Oeste con ladrillo a cara vista. De esta orientación proceden los vientos más fuertes y su fachada, denominada "el hostigo", es la más castigada por las lluvias. Ello planteó dos tipos de muros. Uno de ellos, tapial, de 50 cm en las caras Sur, Norte y Este, y

el otro, en la cara Oeste, de dos hojas, una, exterior, de ladrillo recuperado y otra, interior, de un pie, de adobe (Foto 8).

Para la ejecución de los muros de la primera planta se emplearon otras dos maneras de trabajar la tierra: el adobe y el bloque de tierra comprimida, además de la hoja de ladrillo visto en el hostigo. En un principio se utilizó adobe realizado a la manera tradicional. Posteriormente, mediante una máquina de prensado del tipo UNATA, se fabricaron bloques de tierra compactada. Estos bloques mejoraron ostensiblemente el rendimiento de la ejecución de los muros. Un estudio realizado por el Departamento de Edificación de la Universidad de Valladolid y llevado a cabo por los profesores Alfonso Basterra Otero y Félix Jové Sandoval estableció una resistencia a compresión de los bloques en torno a «8 N/mm<sup>2</sup>, equivalentes a un mortero convencional rico en cemento, casi alcanzando el valor mínimo exigido por la normativa española vigente a los actuales ladrillos cerámicos perforados». Las dimensiones de estos bloques son 30 x 15 x 10 cm y la proporción de cemento es de un 6%.

El zunchado se realizó mediante vigas de madera que trabajan solidariamente con las viguetas del forjado con uniones en «cola de milano», lo que no sólo elimina los empujes horizontales, sino que también garantiza un arranque adecuado a los muros inmediatamente superiores. Finalmente, para evitar el efecto de la estructura inclinada de cubierta sobre la cabeza de los muros, por tratarse de un espacio diáfano habitable, el atirantado se realizó con vigas de madera en los hastiales, que, a la vez, sirven de cargadero para las ventanas de esa planta.

El forjado de la planta superior está formado por vigueta de escuadría de madera de pino apoyada sobre durmientes del mismo material (Foto 9). El piso está formado por tablero. Las viguetas de cubierta apoyan en la viga que forma la cumbrera y en los muros Norte y Sur. Un doble tablero de madera sirve de apoyo a un mortero de tierra con arlita que aísla la cubierta, protegido con una lámina tipo TYVEK que sirve de impermeabilizante ante posibles filtraciones de la teja, que es cerámica curva y se coloca sobre rastreles.

Los revestimientos exteriores están formados por dos capas. Un trullado de mortero de cal con paja muy fina en el interior y una exterior con revoco de arena y de cal en mayor proporción. Para el buen funcionamiento de este tipo de construcción, el permanente mantenimiento de esta última capa es muy importante.

Por último, todas las carpinterías son de madera de pino y los acristalamientos dobles de tipo climalit. El peldañado de la escalera se ejecutó con piezas macizas de madera de pino sobre zancas y pasamanos del mismo material. La madera se trató con protectores naturales. El saneamiento

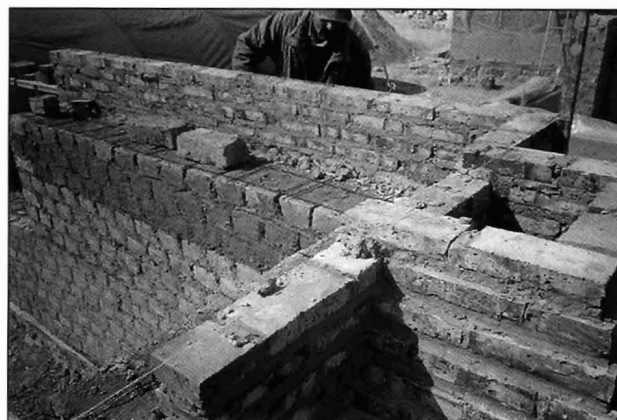


Foto 8.- Composición de muro de hostigo y chimenea, con media asta de ladrillo reciclado y trasdosado de adobes.



Foto 9.- Interior, con forjado y escalera de madera, durante la obra.

se realizó con tubería de polietileno con junta elástica y la fontanería con tubería de cobre.

Como experiencia aleccionadora y en conclusión, en lo que se refiere a la construcción con tierra ningún texto escrito puede reemplazar o igualar a la experiencia práctica. La pérdida de esta experiencia sólo puede ser recuperada con el ejercicio del trabajo continuo y la preparación de nuevas generaciones para conseguir nuevamente la costumbre perdida. La observación de la construcción en tierra que existe en la zona es el mejor camino para decidir qué tipo y sistema debe ser utilizado en cada caso.

## LA ARQUITECTURA TRADICIONAL Y LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La arquitectura tradicional es esencialmente bioclimática, pues el transcurso del tiempo, de los años, de los siglos, ha depurado las formas y disposiciones más apropiadas para el lugar y el clima. Por ello, en el diseño se hizo hincapié en adoptar un coeficiente idóneo de forma, es decir, máximo volumen en menor superficie. La forma de



Foto 10.- Caras Este y Norte de una de las viviendas.

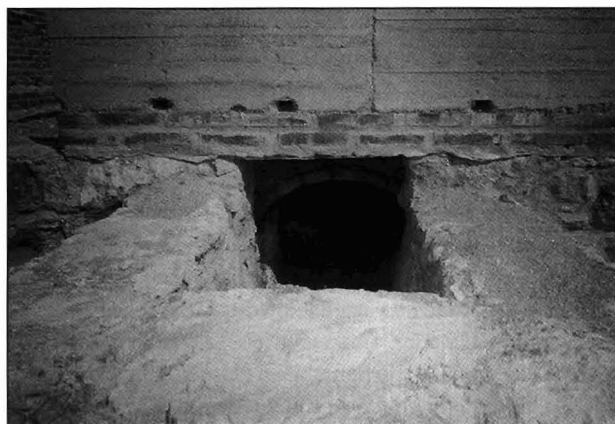


Foto 12.- Boca o enroje de la gloria, horno de alimentación del sistema.

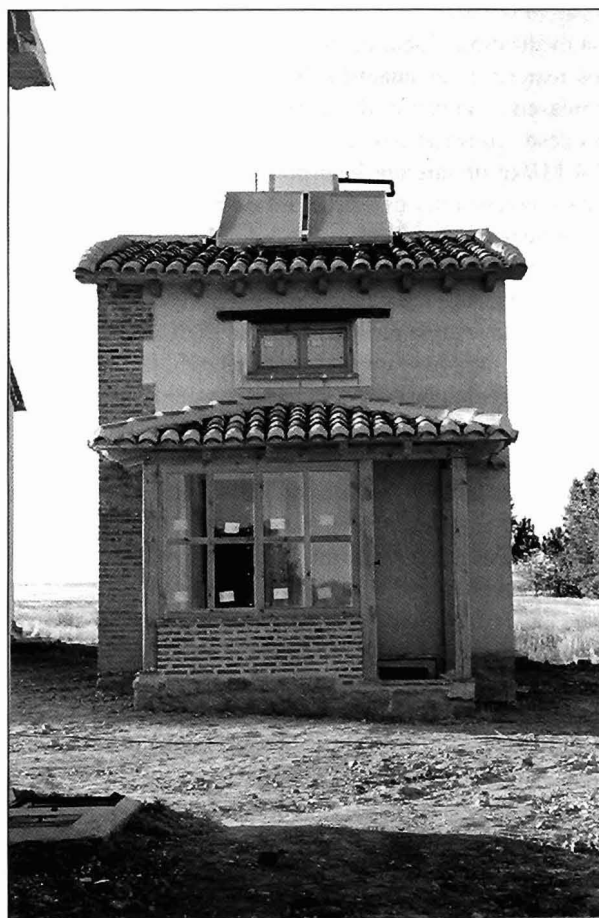


Foto 11.- Fachada Sur, con galería boca de la gloria, y paneles de energía solar térmica.

paralelepípedo, de volumen único y puro, establece las mejores condiciones del interior para el ahorro de energía.

El clima continental extremado de la comarca exige una orientación precisa para cada pieza del programa, dando al Sur las zonas vivideras, al Este y al Oeste otras dependencias como aseos y escaleras; y totalmente cerrado el

edificio al Norte, donde únicamente se colocó la «fresquera». Los vanos de gran superficie se colocaron en la orientación Sur y los medianos en las orientaciones Este y Oeste, para mejorar la captación solar directa (Foto 10).

Se situó en el acceso, en orientación Sur (Foto 11), una galería acristalada como método para obtener ganancias solares pasivas. La gran inercia térmica del muro Sur de tapial es idónea para el almacenamiento del sobrecalentamiento conseguido con el efecto invernadero. Éste se abrirá en los meses calurosos para favorecer la circulación de aire, efecto que aumenta con la presencia de vegetación de hoja caduca. La colocación en la fachada de plantas trepadoras de hoja caduca protege en los meses más calurosos del sobrecalentamiento, y en los meses más fríos permite el paso del sol.

La calefacción tiene dos orígenes. El primero es el invernadero, ya descrito. La «gloria» constituirá el segundo origen del calor en los meses fríos (Fotos 4 y 11). Se compone de una serie de conductos paralelos bajo el suelo, formados por muretes de ladrillo que sustentan bóvedas del mismo material. Están comunicados entre sí de tal modo que hagan discurrir el humo producto de la combustión desde el «enroje» (Foto 12) o espacio de mayor tamaño en el que se quema el combustible (normalmente pajas de paja) y la chimenea situada en el extremo opuesto (Foto 4). La gloria, constituida así desde la época romana, sirve de apoyo a una solera de tierra comprimida rematada con baldosas de barro cocido. Este sistema que facilita la circulación de aire bajo el edificio, podría servir en los meses de calor como refresco y es garantía frente a humedades por capilaridad.

El agua caliente sanitaria se produce mediante un sistema de energía solar térmica, en equipo compuesto por dos colectores solares térmicos de 2 m<sup>2</sup> con un depósito de 150 l en cada una de las viviendas. Los equipos, de tipo termosifónico, se colocaron en cubierta con orientación sur (Foto 11). Como sistema de apoyo para los días en que



no puede garantizarse suficiente captación de energía solar (unos 30 anuales) se colocó un calentador de gas butano. Este mismo sistema solar se ha utilizado en otros edificios del municipio, como el albergue, con 20 m<sup>2</sup> instalados.

También se instaló un equipo de energía solar fotovoltaica, del tipo de conexión a red, según el Real Decreto 22/1998. Es decir, el conjunto de las viviendas producirá energía eléctrica, mediante una instalación de potencia de 5,3 kWp, que venderá a la compañía eléctrica. La instalación se colocó en el exterior de la parcela, en el lugar donde su máximo soleamiento quedaba garantizado, con orientación Sur e inclinación de 40° (Foto 2). Se instalaron 50 módulos solares de la casa Isofotón I-106, con dos inversores de la marca Sunny Boy de 2500 W.

En el conjunto del municipio se han utilizado energías alternativas de procedencia solar y eólica para muy variados y diferentes usos, en pequeñas instalaciones. La energía solar térmica se ha empleado para la producción de agua caliente sanitaria y la energía solar fotovoltaica para la producción de energía eléctrica para su conexión a red o para su consumo directo. Se ha aplicado a diversos usos, como aulario, pozo, lagar, biblioteca, etc., hasta un total de 1.050 W en diez aplicaciones distintas. Y la energía eólica mueve un aerogenerador que produce 300 W de potencia para alumbrado en el corral de cría de aves. Unido a medidas de ahorro energético y de uso racional de consumo, estas pequeñas potencias son suficientes, acordes con el concepto de reducción de gasto energético que anima todo el proyecto del municipio.

### **EL AHORRO ENERGÉTICO Y LAS MÍNIMAS EMISIONES**

Dada la singularidad del entorno y el destino de la construcción, se hizo mucho hincapié en que la actuación fuese totalmente ecológica, respetando todas las medidas conocidas de ahorro energético, incluso las que se relacionan con la selección de materiales constructivos.

Todos los elementos de obra provocan impactos en el medio, de mayor o menor importancia, a lo largo de todo su proceso de fabricación. La evaluación de estos impactos sobre el suelo (el movimiento de tierras, el transporte de las materias primas), sobre el aire (son contaminantes en mayor o menor medida, su transporte influye, etc.), sobre la vegetación, sobre el paisaje, sobre la agricultura, sobre el medio socioeconómico y la cultura, constituyen el criterio bajo el cual un material es o no es considerado de bajo impacto ambiental. Con este razonamiento han sido seleccionados los materiales constructivos utilizados en las viviendas.

Es evidente que el tapial es el material más inocuo desde este punto de vista: procede del mismo espacio físico en

el que se edifica, no requiere apenas transporte, su puesta en obra y su manipulación no contaminan, no contiene materias tóxicas y su proceso de reciclado para una futura desaparición es limpio y completo. Pero el resto de materiales empleados en el levantamiento de los edificios ha pasado por una selección similar, en la que se han desechado las posibilidades más contaminantes. Se ha utilizado madera del lugar, cal, derivados del petróleo de menor contaminación y se han limitado los revestimientos plásticos o con elementos químicos en su composición. Se han buscado materiales reciclados y se han utilizado elementos de recuperación, y ha sido previsto el posible reciclaje en un futuro de todas las unidades. También el agua, como bien escaso, ha sido objeto de estudio para su gasto mínimo en la ejecución de las viviendas y en el consumo doméstico mediante dispositivos ahorradores y de recuperación de agua.

La evaluación global de este esfuerzo en la selección de los materiales es cuantificable. Si se ha utilizado tierra cruda en la creación de muros de carga y cerramiento, proceso constructivo que consume aproximadamente 0,4 MJ/kg de energía incorporada, en lugar del sistema más convencional de estructura de hormigón y fachadas cerámicas, con un consumo de 3,4 MJ/kg, existe una diferencia entre ambos de 3 MJ/kg de ahorro energético y como consecuencia de contaminación no provocada. Si la producción de energía para calefacción es un sistema de producción solar, ya sea pasiva o activa, o biomasa, en lugar de gasóleo ó electricidad, el ahorro producido será de 12 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. La energía solar fotovoltaica instalada supone un ahorro de 172 toneladas de CO<sub>2</sub> a lo largo de veinticinco años de vida útil. Los demás materiales utilizados en obra pueden ser objeto de una evaluación comparativa similar, que pueda concretar con cifras el esfuerzo realizado.

La gestión de los residuos debe también incluirse dentro del capítulo de ahorro energético y de eliminación de impactos ambientales. En este caso, esta reducción ha sido notable, ya que los restos generados, recortes, sobrantes, paquetería, envoltentes, etc., son mínimos, tanto por la propia naturaleza de los materiales (tierra y agua, en su mayoría) como por su procedencia cercana. Por otra parte, todos ellos, tierra, madera, etc., son biodegradables, sin que supongan acumulación de elementos tóxicos para vertedero. Entre los plásticos, se han elegido PE y PB, de menor impacto que el PVC. La utilización de materiales de reciclaje ha supuesto también una reducción del gasto energético, así como la capacidad de ser nuevamente utilizados.

### **PARTICIPANTES Y PROMOTORES. DINERO Y RECURSOS**

La construcción de las 10 viviendas contó con recursos propios de los fundadores de la Sociedad Cooperativa



“Entramado” en un 30%, además de fondos públicos a través del programa LEADER 2 de la unión Europea. En consonancia con la iniciativa de solidaridad que promueve el proyecto en sus líneas generales, se formó un “fondo de financiación solidaria” a través de préstamos privados.

El Centro de Investigación y Formación en Actividades Económicas Sostenibles (CIFAES) mantuvo, durante todo el proceso de la construcción, la idea de utilización del proyecto y el patrimonio histórico rural como un nuevo marco educativo, y realizó numerosas actividades formativas, como campos de trabajo, aulas de formación, conferencias, jornadas, con amplia participación de universidades, escuelas, ecoturismo, etc., siempre tomando como punto de base el municipio de Amayuelas de Abajo y la construcción bioclimática de las 10 viviendas. Entre estas actividades formativas, estuvo la de preparar a un grupo de jóvenes de la comarca como futuros profesionales, que trabajaron y aprendieron las técnicas durante la construcción.

Otras ayudas, no económicas, fueron constituidas por la ONGD “Arquitectos sin Fronteras Castilla y León”, que colabora habitualmente en tareas de divulgación, preparación y asesoramiento en materia de recuperación y valoración de patrimonio rural e histórico, además de prestar su ayuda y asesoramientos técnicos.

El Departamento de Construcción de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid controló en su laboratorio las características técnicas de la utilización nueva de un material tan antiguo como la tierra cruda. En este caso analizó los bloques de tierra comprimida.

## CONCLUSIONES: UNA EXPERIENCIA REVELADORA

La ejemplaridad que ha supuesto la singularidad del proyecto ha sido muy alta: todos los recursos movilizados han participado en conseguir nuevos patrones de producción, consumo y tecnología, rompiendo el esquema del usuario de la vivienda totalmente ajeno a la producción de su espacio vital. En esta experiencia, usuarios han sido promotores, gestores y constructores, participando de forma total en la producción de su propia vivienda. Esta posibilidad es muy difícil de conseguir en el proceso constructivo convencional y facilitó la personalización de la vivienda al modo de vida del propietario. Las viviendas, ya construidas y en uso, han supuesto un importante impacto social y económico al conseguir notables mejoras con cambios en las conductas y actitudes de la población.

El tipo de actividad, a través de cooperativa, con ayuda de fondos públicos, etc., ha mostrado una nueva forma de ejercer la participación de los ciudadanos en la recuperación de su espacio social, cultural y público. Se han recu-

perado patrimonio, oficios y sistemas constructivos tradicionales, ya que la construcción con tierra fue perdida totalmente hace 50 años, y con ella trabajadores especializados que supieran como utilizarla. La construcción convencional que ahora se realiza, con hormigón armado, ladrillo muy cocido, acero, etc., es actualmente más barata que la tradicional de tierra y de madera. Esto se debe a que la construcción con materiales más naturales y de menor impacto para el medio ambiente está fuera de los circuitos convencionales de los contratistas locales. La buena práctica ha conseguido que se recupere esta excelente tradición constructiva y que nuevamente existan técnicos capacitados. Ha dinamizado el entorno rural, con mejoras sociales, y ha creado puestos de formación y trabajo. Existen 10 nuevas viviendas y sus nuevos ocupantes facilitarán el asentamiento de jóvenes que ayuden a recuperar los niveles de población.

Desde el punto de vista del patrimonio histórico, las edificaciones se han orientado hacia el respeto absoluto con la tradición existente, en cuanto a materiales, diseño, integración en el paisaje, etc. La construcción convencional actual a menudo contamina el paisaje con inadecuadas intervenciones: en este caso se ha intentado y conseguido que la nueva edificación “forme parte” de este paisaje. Se ha demostrado que es posible construir de forma compatible con el medio ambiente, sin destruir el patrimonio cultural y paisajístico existente.

Con respecto a la categoría de edificio de bajo impacto ambiental, tanto los materiales utilizados como los sistemas de construcción aúnan tecnología con sostenibilidad. Por una parte se ha utilizado energía solar fotovoltaica, de alto nivel tecnológico. Y por otra, y mostrando que es compatible, se han utilizado sistemas tradicionales, como “glorias”, invernaderos, etc. Los materiales empleados en la construcción han sido la tierra, como elemento básico, y otros materiales, siempre mínimamente sintéticos, lo más naturales posible, y siempre reciclados o reciclables.

El mantenimiento del edificio y su correcto uso son fundamentales para completar el ahorro energético en todas las fases de su ciclo de vida. Para ello se cuenta con la participación del usuario. En este caso, todos los propietarios son plenamente conscientes de que sus hábitos de consumo han de estar en armonía con la idea de respeto a la naturaleza y mínimo gasto energético que ha animado todo el proyecto. De otra forma, la iniciativa no tendría éxito.

La divulgación que se está realizando y continuará en un futuro, pretende dar a conocer que la construcción de este tipo de edificios es posible, e intenta hacer llegar a los estamentos públicos la necesaria sensibilidad hacia este tipo de soluciones. Entre las lecciones aprendidas, la principal consiste en comprobar que la legislación, las normativas vigentes y las exigencias administrativas actuales no incluyen el uso de materiales de bajo impacto ambiental y

de la tierra cruda en la construcción, relegando su uso. El gran desconocimiento del material hace que seguros y otros tipos de garantías sean muy difíciles de obtener. Es necesaria la ayuda de la Administración y la creación de fondos públicos para realizar estas experiencias nuevas. Sin ellos, el proyecto no hubiera sido posible. Las ayudas estatales deben considerar que de estos prototipos se extraen beneficios para toda la comunidad, de forma colectiva, a

medio y a largo plazo, en todo lo que se refiere a ahorro de energía para las actuales y, sobre todo, las futuras generaciones.

La experiencia completa fue presentada al «IV Catálogo Español de Buenas Prácticas para la Mejora de Asentamientos Humanos», de Naciones Unidas, año 2002, obteniendo la calificación de «Good».

## BIBLIOGRAFÍA

- Jorge Silva, María Jesús González, Francisco Valbuena. "High technology linked to vernacular earth construction: Amayuelas". *Moderner Lehmnbau* 2002. Berlín, 2002
- Enerpal. "Amayuelas de Abajo, Municipio ecológico". Revista "Era solar, energías renovables", número 108, mayo-junio 2002. Madrid, 2002
- Basterra, Alfonso y Jové, Félix. "La construcción con tierra cruda hoy". Revista "AC, Arquitectura y Construcción" Número 1, junio 2001. Valladolid, 2001
- "IV Catálogo español de Buenas Prácticas para la mejora de Asentamientos Humanos" de Naciones Unidas. Ministerio de Fomento, Madrid, 2003.

\* \* \*